



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
TERHADAP KESTABILAN FREKUENSI PADA SISTEM
KELISTRIKAN 150 kV LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT**

**DECKY SATRIO PAMUNGKAS
1612023**

**Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juni 2020**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA TERHADAP KESTABILAN
FREKUENSI PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 kV
LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT**

Decky Satrio Pamungkas
1612023

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juni 2020**

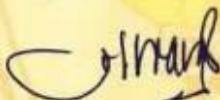
**“ ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA TERHADAP KESTABILAN
FREKUENSI PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 kV
LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT ”
SKRIPSI**

**Decky Satrio Pamungkas
NIM : 1612023**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa Dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I



**Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 19610503 199202 1 001**

Dosen Pembimbing II



**Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 19770615 200501 2 002**

**Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**



**Dr. Eng. Komang Samawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361**

**MALANG
Maret, 2020**

ANALISIS INTEGRASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA TERHADAP KESTABILAN FREKUENSI PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 kV LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT

Decky Satrio Pamungkas, I Made Wartana, Irrine Budi Sulistiawati
Deckysatrio25@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini akan menganalisis integrasi Pembangkit energi baru terbarukan (EBT) terhadap kondisi kestabilan frekuensi pada sistem, akibat gangguan – gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan. Pembahasannya ditekankan pada permasalahan kestabilan frekuensi akibat penambahan beban, lepasnya generator yang menyebabkan sistem mengalami gangguan sesaat dan kembali pada kondisi steady state serta integrasi Pembangkit EBT ke dalam grid. Salah satu tipe perangkat FACTS, static Synchronous compensator (STATCOM) digunakan pada penelitian ini untuk memperbaiki stabilitas frekuensi karena dapat memasok daya reaktif yang dibutuhkan, untuk memperbaiki perubahan tegangan yang bermasalah. Untuk menguji keberhasilan metode yang diusulkan maka simulasi dilakukan pada sistem uji standard IEEE 39-bus dan sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB, yang terintegrasi dengan salah satu jenis pembangkitan EBT yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan software DigSILENT PowerFactory. Integrasi PLTS pada sistem uji standard IEEE 39-bus New England 345 –kV dan sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB dapat memperburuk respon frekuensi sistem dan dengan pemasangan STATCOM dapat mengurangi penurunan frekuensi pada sistem. Pada sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB pemasangan STATCOM dapat memperbaiki kestabilan frekuensi yang semula 49.82 Hz menjadi 49.99 Hz, dan pemasangan STATCOM dilakukan pada bus Sengkol dikarenakan pada bus tersebut yang mendekati nilai kritis.

Kata kunci - Integrasi Pembangkit Energi Baru Terbarukan, Stabilitas Frekuensi, STATCOM

ANALYSIS OF INTEGRATION OF SOLAR POWER TO FREQUENCY STABILITY IN ELECTRICAL SYSTEM 150 kV LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT

Decky Satrio Pamungkas, I Made Wartana, Irrine Budi Sulistiawati
Deckysatrio25@gmail.com

ABSTRACT

This research will analyze the integration of renewable energy generation (EBT) on the frequency stability conditions of the system, due to interference – interference occurring in the electrical system. The discussion is emphasized on frequency stability issues due to the addition of loads, the release of generators that cause the system to experience instantaneous interference and return to steady state conditions and the integration of the EBT generator into the grid. One of the different types of FACTS, static Synchronous compensator (STATCOM) is used in this research to improve frequency stability as it can supply the required reactive power, to correct the changes in the problem voltage. To test the success of the proposed method then the simulation is carried out on the standard test system of IEEE 39-bus and the signal system of 150 kV, Lombok NTB, which integrates with one type of EBT generation of solar power (PLTS) using DigSILENT PowerFactory software. Integration of PLTS on standard test Systems IEEE 39-Bus New England 345 – kV and 150 kV electrical system, Lombok NTB can exacerbate the system frequency response and with the installation of STATCOM can reduce the frequency reduction in the system. In the electrical system 150 kV, Lombok NTB installation of STATCOM can improve the stability of the frequency that originally 49.82 Hz to 49.99 Hz, and the installation of STATCOM carried out on the Sengkol bus because the bus is approaching a critical value.

Keywords - Integration of New Renewable Energy Generators, Frequency Stability, STATCOM

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunia kuasaNya, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITN Malang . Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Karenanya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam rangka pembelajaran terus-menerus. Banyak pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT., dan Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
2. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang
3. Bapak dan Ibu Dosen Elektro S1 yang senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
4. Teman-teman Elektro ITN angkatan 2016 yang selalu mendukung satu sama lain.
5. Seluruh asisten laboratorium SSTE, KEE, dan TDDE atas penyediaan tempat untuk mengerjakan skripsi.
6. Kedua orang tua dan keluarga penulis atas cinta dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis,

Dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang seluas-luasnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.1 Latar Belakang	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.2 Rumusan Masalah	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.3 Tujuan	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.4 Batasan Masalah	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
1.5 Sistematika Penulisan	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB II KAJIAN PUSTAKA ...	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1 Sistem Tenaga Listrik	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1.1 Proses Penyaluran Tenaga Listrik	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2 Analisis Aliran Daya	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.3 Aliran Daya Newton Raphson	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.4 Stabilitas Sistem Tenaga	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

2.4.1	Stabilitas Frekuensi.	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.5	Standart Frekuensi	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.6	Pemodelan <i>Static Synchronous Compensator</i> (STATCOM) ...	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.6.1	Karakteristik V/I pada STATCOM	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.6.2	Penentuan Lokasi dan Parameter STATCOM	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.7	Pembangkit Listrik Tenaga Surya .	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.7.1	PLTS On Grid	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.7.2	PLTS OFF Grid	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.8	Jenis Panel Surya	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.8.1	<i>Monocrystalline</i>	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.8.2	<i>Polycrystalline</i>	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.8.3	<i>Thin Film</i>	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.9	Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.9.1	Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB III METODE PENELITIAN		Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

- 3.1. Teknik Pengumpulan Data .. **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.2. Studi Kasus.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.1 Sistem Uji Standard IEEE 39-Bus New England 345 –kV..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.2 Data Generator **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.3 Data Saluran..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.4 Sistem Kelistrikan 150 kV, Lombok NTB **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.5 Data Parameter Generator..**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.6 Data Beban dan Pembangkit**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
 - 3.2.7 Data Saluran Transmisi**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.3. Algoritma Pengujian..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4. Algoritma Menentukan Lokasi dan Kapasitas STATCOM Terbaik..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.5. Algoritma Penyelesaian Masalah ..**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

- 4.1. Pemodelan single line diagram Sistem Uji Standard IEEE 39-bus New England 345 –kV **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

- 4.2. Analisa Aliran Daya Sistem Uji Standard IEEE 39-bus New England 345 –kV **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.3. Respon Frekuensi Sistem Sebelum Integrasi PLTS.
.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.4. Analisis Integrasi PLTS 3x50MW. **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.5. Analisis Penambahan Beban Sebelum Integrasi PLTS
.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.6. Analisis Penambahan Beban Sesudah Integrasi PLTS
.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.7. Analisis Lepasnya Generator**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.8. Analisis Pemasangan STATCOM . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.9. Respon Frekuensi Generator Dengan Total Pembangkitan Paling Besar . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.10. Respon Frekuensi Generator dengan Total Pembangkitan Paling Kecil . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.11. Pemodelan single line diagram sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.12. Analisis Aliran Daya sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB...**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.13. Analisis Respon Frekuensi Sistem Sebelum Integrasi PLTS.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.14. Analisis Integrasi PLTS 3x5MW.. **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.15. Analisis Penambahan Beban Sebelum Integrasi PLTS
.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

- 4.16. Analisis Penambahan Beban Sesudah Integrasi PLTS
.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.17. Analisis Lepasnya Generator**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.18. Analisis Pemasangan STATCOM **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.19. Respon Frekuensi Generator Dengan Total
Pembangkitan Paling Besar . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.20. Respon Frekuensi Generator Dengan Total
Pembangkitan Paling Kecil . **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

BAB V KESIMPULAN**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

- 5.1. Kesimpulan.....**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 5.2. Saran**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Penyaluran Tenaga Listrik.....	8
Gambar 2.2	Level Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik.....	9
Gambar 2.3	Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga.....	14
Gambar 2.4	Batas frekuensi yang diijinkan	15
Gambar 2.5	Grafik hubungan frekuensi (Hz) dengan beban (MW)	16
Gambar 2.6	Standar Frekuensi untuk Steam Turbin Generator	17
Gambar 2.7	Permodelan STATCOM: a. Skema konektivitas, b. implementasi di PowerFactory, c. diagram blok control....	18
Gambar 2.8	STATCOM_controller Diagram Blok PowerFactory	20
Gambar 2.9	Karakteristik arus/tegangan pada STATCOM	21
Gambar 2.10	Sel Surya Monocrystalline	23
Gambar 2.11	Sel Surya Polycrystalline	24
Gambar 2.12	Sel Surya Thin Film	25
Gambar 2.13	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran	26
Gambar 2.14	radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi	27
Gambar 2.15	Arah sinar datang membentuk sudut.....	27
Gambar 3.1	Single Line Diagram Sistem Uji Standard IEEE 39-Bus New England 345 –kV.....	31
Gambar 3.2	Single Line diagram sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB	34
Gambar 3.3	Diagram Alir (flowchart) Pemecahan Masalah	40
Gambar 4.1	Single Line Diagram Sistem uji standard IEEE 39-bus New England 345 –kV.....	42
Gambar 4.2	Load flow Single Line Diagram Sistem uji standard IEEE 39-bus New England 345 –kV Sebelum Integrasi PLTS	44
Gambar 4.3	Load flow Single Line Diagram Sistem uji standard IEEE 39-bus New England 345 –kV Setelah Integrasi PLTS	47
Gambar 4.4	Grafik frekuensi base case pada Generator	49
Gambar 4.5	Grafik Integrasi PLTS 3x50MW	50
Gambar 4.6	Grafik Frekuensi Generator 1-10 sebelum integrasi PLTS.....	51
Gambar 4.7	Grafik Frekuensi Generator 1-10 sesudah integrasi PLTS.	52
Gambar 4.8	Grafik Frekuensi Lepasnya Generator	53

Gambar 4.9	<i>Grafik Frekuensi Integrasi PLTS dan Pemasangan STATCOM</i>	54
Gambar 4.10	<i>Grafik Frekuensi pada Generator 1 dengan total pembangkitan paling besar</i>	55
Gambar 4.11	<i>Grafik Frekuensi pada Generator 5 dengan total pembangkitan paling kecil</i>	56
Gambar 4.12	Single Line Diagram sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB	60
Gambar 4.13	Load Flow Single line Diagram <i>sistem kelistrikan 150 kV, Lombok NTB Sebelum integrasi PLTS</i>	62
Gambar 4.14	<i>Grafik Frekuensi Base Case Pada Generator</i>	64
Gambar 4.15	Single Line Diagram <i>Sistem Kelistrikan 150 kV, Lombok NTB Setelah Integrasi PLTS</i>	65
Gambar 4.16	<i>Grafik Integrasi PLTS 3x5MW (Paokmotong,Sengkol,dan Pringgabaya)</i>	66
Gambar 4.17	<i>Grafik Frekuensi Generator 1-7 sebelum integrasi PLTS</i> .	67
Gambar 4.18	<i>Grafik Frekuensi Generator 1-7 sesudah integrasi PLTS</i> .	68
Gambar 4.19	Grafik Frekuensi Lepasnya Generator	69
Gambar 4.20	Grafik Frekuensi Integrasi PLTS dan Pemasangan STATCOM Lokasi L1	70
Gambar 4.21	Grafik Frekuensi Integrasi PLTS dan Pemasangan STATCOM Lokasi L2	71
Gambar 4.22	Grafik Frekuensi Integrasi PLTS dan Pemasangan STATCOM Lokasi L3	72
Gambar 4.23	Grafik Frekuensi Pada Generator PLTD Mantang Dengan Total Pembangkitan Paling Besar	73
Gambar 4.24	Grafik Frekuensi Pada Generator PLTMH Kuta Dengan Total Pembangkitan Paling Kecil.....	74

DAFTAR TABEL

Table 3.1	Data Generator IEEE 39-Bus....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 3.2	Data Transmission Line IEEE 39-Bus	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 3.3	Data Dinamik Generator.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 3.4	Data Eksitasi Generator	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 3.5	Data Beban Dan pembangkitan	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 3.6	Data Saluran	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.1	Profil Tegangan Bus 345kV	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.2	Profil Tegangan Setelah Diintegrasikan 3 PLTS ...	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.3	Perbandingan Perubahan Frekuensi Setelah Pelepasan Generator	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.4	Perbandingan Perubahan Frekuensi Nadir dan Steady State Baru	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.5	Tabel Profil Tegangan Bus 150kV	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Table 4.6	Perbandingan Perubahan Frekuensi Setelah Pelepasan Generator	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Tabel 4.7	Pemasangan STATCOM	73
Table 4.8	Perbandingan Perubahan Frekuensi Nadir dan Steady State Baru	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

